

जग बदलले या शोधांनी

(भाग - 1)

विद्यार्थी ग्रंथालय

व. इ. स्कूल, टिळक पथ, पुणे

मीर नजाबत अली

चित्रे

अहमद

अनुवाद

यशोधरा सुभेदार

७४४



नॅशनल बुक ट्रस्ट, इंडिया
नवी दिल्ली

© मीर नजावत अली, 1972

रु. 1.50

वितरक
पॉप्युलर प्रकाशन,
35 सी, ताडदेव रोड,
मुंबई 34 डब्ल्यू. बी. आर.

प्रकाशक : संचालक, नॅशनल बुक ट्रस्ट, इंडिया ए-5 ग्रीन पार्क, नवी दिल्ली-16
मुद्रक : मौज प्रिंटिंग ब्यूरो, खटाववाडी, गिरगाव, मुंबई 4, चित्रे व कव्हरची छपाई
ब्रिदज प्रेस (सी. बी. टी.) नेहरू हाऊस, 4 बहादुरशाह जफर मार्ग, नवी दिल्ली-1



विद्यार्थी ग्रंथालय
च. हं. स्कूल, टिळक पथ, पुणे

चाक

माणसाने लावलेला सर्वांत मोठा शोध जर कोणता असेल, तर तो चाक हा होय. दिसायला जरी अगदी साधे असले तरी चाक हाच चलनवलनाचा आधार आहे. गाडी, सायकल, मोटार आणि आगगाडी चाकावरच चालतात. हजारो किलोमीटर उडणाऱ्या विमानालाही जमिनीवर उतरताना किंवा झेप घेताना चाकांचीच मदत घ्यावी लागते. केवळ वाहतुकीसाठीच चाक आवश्यक असते असे नाही. आपल्यासाठी विविध



वस्तु तयार करणारी यंत्रे, नेमकी वेळ सांगणारी घड्याळे, वीज उत्पन्न करणारी जनित्रे आणि आपल्या दैनंदिन जीवनासाठी आवश्यक असणारी अनेक उपकरणे चाकाच्या जिवावरच आपली कामे करतात.

यावरून कोणाला असे वाटेल की चाकाच्या संशोधकाने खूप कीर्ती आणि संपत्ती मिळवली असेल. पण, खरे सांगायचे तर, त्या संशोधकाचे नांवही कोणाला माहीत नाही. विनचाकी गाडीतून सामानाची ने-आण करणे माणसाला किती त्रासदायक होत असेल, याची कल्पना तुम्ही करू शकता. या अतिशय उपयोगी पण साध्या दिसणाऱ्या चाकाचा शोध कोणा कल्पक माणसाने अवघ्या पाच हजार वर्षांपूर्वी लावला आणि आज हे चाक सर्वत्र मान्यता पावले आहे.

पूर्वी सामानाची ने-आण करण्यासाठी पशूंचा उपयोग केला जात असे. चाकाचा शोध लागल्यावरहि हा उपयोग एकदम थांबला नाही. खरे तर, एशिया आणि आफ्रिकेतील काही देशांत प्राण्यांप्रमाणेच माणसांचाहि उपयोग सामान आणि प्रवासी वाहून नेण्यासाठी करतात. चाकांचा प्रवेश दुष्कर असेल तर, अगदी प्रगत देशांतहि माणसांचा किंवा प्राण्यांचा दळणवळणासाठी उपयोग केला जातो. उदाहरणार्थ, बर्फाच्छादित पर्वत आणि घनदाट अरण्यांत चाकांच्या गाड्या निरुपयोगी ठरतात.

चाकाचा शोध लागण्यापूर्वी दूरवरचा प्रवास फार त्रासदायक होता. प्रवासी आपल्या खांद्यावर बोजे घेऊन जात आणि पुष्कळ अडचणींना त्यांना तोंड द्यावे लागी. मार्गात खाणावळी किंवा सराई नसल्यामुळे जेवण आणि विश्रांतीचा प्रश्न बिकट होता. प्रवासाला जाण्याची हिंमत त्यामुळे फार थोडे करीत. प्रवासाला एकदा बाहेर पडले की मुक्तांगार वेढ्या पोचणार आणि घरी सुखरूप परत येऊ शकू की नाही हे प्रवासी कधी सांगू शकत नसे.

चाक अस्तित्वात आले तरी कसे? त्यासाठी मानवाचा पुरातन इतिहास बघावयाला हवा. त्याने प्रथम प्राणी माणसाळविण्यास सुरुवात केली. कुत्रा हा माणसाळलेला पहिला प्राणी. पहारा करणे आणि संकटाची मालकाला सूचना देणे ही कामे तो इमानदारीने करी. कुत्र्याचा शिकारीसाठीही उपयोग होत असे.

बरीच कुत्री जुपली तर जड सामान ओढता येते हे लवकरच लक्षात आले. मग माणसाने काठ्यांची चौकट केली, त्यावर ओझे लादले आणि कुत्र्यांना ते ओढावयाला लावले. या वाहनाला ढकलगाडी म्हणतात. कधी कधी माणूस स्वतःच या ढकलगाडीवर बसे आणि फेरफटका करून येई. चाकाचा शोध लागण्यापूर्वी उत्तर युरोपात जनावरांचे कातडे, झाडांची साल किंवा ढोलीचा भाग ढकलगाडीसाठी



वापरला जात असे. चाकांचा रथासाठी किंवा गाडीसाठी उपयोग होऊ लागल्यावरही हा ज्ञान आणि सीरिया येथे प्रचंड दगडी पुतळे हलविण्यासाठी ढकलगाड्याच वापरल्या जात.

कालान्तराने कुत्र्याप्रमाणेच इतर प्राणीही माणसाळविण्यात आले. स्वार होऊन फिरण्यासाठी किंवा सामान वाहतुकीसाठी त्यांचा उपयोग होई. यांत गाढव, खेचर, उट, हत्ती आणि बैल यांचा समावेश होतो. प्रवासातल्या अडचणी आणि धोके तसेच कायम असले तरीही या प्राण्यांच्या मदतीमुळे व्यापाऱ्यांची आणि यात्रिकांची चांगलीच सोय झाली.

ढकलगाडी हे माणसाचे पहिले वाहन होते हे आपण पाहिलेच आहे. या ढकलगाडीला चाकाची जोड देऊन ढळणवळणाच्या क्षेत्रात माणसाने प्रगतीचे पाऊल टाकले. ढकलगाडीपेक्षा चाकांच्या गाडीत घर्षण कमी होत असल्याने हा बदल श्रेयस्कर ठरला.

आपण काय किंवा आपले सामान काय, दूर अंतरावर सुखरूप पोचावे आणि हे काम वेगाने व्हावे म्हणून योग्य अशा वाहनाच्या शोधात माणूस सतत होताच. ढकलगाडीखाली काही गोल काठ्या लावल्यास ती चालविणे सोपे जात असल्याचा शोध त्याला लागला असण्याची शक्यता आहे. कारखान्यांत आणि कार्यालयात अवजड वस्तू नेण्यासाठी अनेक पद्धत अवलंबिली जाते, हे तुम्ही पाहिले असेलच. वाहून न्यायचे सामान एक वा दोन नळकांड्यांवर ठेवतात आणि सरकवून देतात. ढकलले की सामान पुढे सरकते आणि लोखंडी नळकांडी मागे येतात. ती नळकांडी उचलून पुन्हा समोर ठेवली की पुढचा टप्पा गाठला जातो. विशिष्ट परिस्थितीत सामानाची ने-आण करण्याची ही पद्धत उपयुक्त ठरते. चाकाचा शोध लागण्यापूर्वी आदिमानवाने झाडाच्या फांदीचा गोलाकार भाग सामान नेण्यासाठी वापरला असावा.



पण ही पद्धत थोड्या अंतरासाठीच सोडस्कर असते. शिवाय या पद्धतीत वेळही पार लागतो.

यानंतर एखाद्या कल्पक माणसाला चाक तयार करण्याची युक्ति सुचली असावी. त्याच्यासमोर अनुकरणासाठी कोणतीच वस्तू नव्हती. ते जगातले पहिले बहिले चाक! त्याचा शोध पूर्वेकडील देशांत—बहुधा मेसोपोटामिया येथे—लागला असावा. मोहेंजोदारो येथील उत्खननात सापडलेल्या वस्तूंवरून असे म्हणता येईल की दोन मोठी लाकडी चाके असलेल्या बेलगाड्या चार हजार वर्षांपूर्वी वापरल्या जात होत्या. लाकडाचे तीन तुकडे लाकडी खिळ्यांनीच एकत्र जोडून

विद्यार्थी ग्रंथालय
च. इ. स्कूल, टिळक पथ, पुणे



आरंभीची चाके तयार केली जात असावीत. या चाकांचा आकार जवळ जवळ वर्तुळाकृती होता.

अशा प्रकारे चाक अस्तित्वात आले. पुढे झाडाचा बुंधा आडवा कापून त्याच्या मध्यभागी छिद्रे पाडून त्यात आस अडकविला जाऊ लागला. चाके आसाभोवती सहज फिरत. आधीच्या कोणत्याही पद्धतीपेक्षा सामान वाहून नेण्याची ही पद्धत अधिक चांगली आहे हे माणसाच्या तेव्हाच लक्षात आले असावे.

चाक जितके मोठे असेल, तितकेच ते ओढायला श्रम कमी पडतात हे लवकरच स्पष्ट झाले असावे. पण बुंधे एका ठराविक व्यासाचेच मिळत. तेव्हा त्यापेक्षा मोठ्या चाकाची गरज भासली तर लाकडाचे तुकडे एकत्र जोडून चाक तयार केले जाई. हे तुकडे एकमेकांत घट्ट अडकविल्यावर ती आकृती तासून गोलाकार केली जात असे.

धातूचा शोध लागल्यावर मोठी आणि अधिक चांगली चाके करणे अधिक सोपे झाले. चाकाभोवती धातूची धाव बसविली की घर्षण अतिशयच कमी होते. शिवाय धातूची धाव टिकतेही बराच काळ ! अशा प्रकारे चाकाची उपयुक्तता आणि आयुष्य ही दोन्ही वाढली.

प्रारंभी गाडीला दोन चाके व एक आंस असे. कालांतराने चाकांच्या दोन किंवा अधिक जोड्या मजबूत चौकटीला बसवू लागले. या गाड्यांना अनेक प्राणी जुंपले जात आणि त्यावरून अवजड सामानही वाहून नेता येई.

या वेळेपर्यंत वाहनांना घोडे जुंपले जाऊ लागले आणि त्यामुळे गति वाढली हे



परे असले तरी चाकाच्या बाबतीत मात्र पुढील 1600 वर्षे फारशी प्रगती झाली नाही. या काळाला चाकाचे तमोयुग म्हणतात.

परे असलेले चाक बरेच उशिरा अस्तित्वात आले चाकाचा आकार मोठा झाला तसतसे ते अवजडही होऊ लागले. नेण्याच्या सामानाच्या वजनात चाकाच्या वजनाची भर पडली.

मोठाली चाके हलकी व्हावीत म्हणून काही तरी करावयाला हवे होते. धातूची धाव सभोवताली असल्याने ठोकळ्यासारख्या चाकाची गरज राहिलेली नव्हती. मधले काही लाकूड काढून टाकूनही भागण्यासारखे होते. आंसाची टोके सांभाळण्यासाठी मध्यवर्ती आधार काय तो आवश्यक होता. दुसरी महत्त्वाची गोष्ट म्हणजे धावेसाठी व्यवस्थित कडा हवी होती. मधला भाग हा केवळ आतले आणि बाहेरचे वर्तुळ सांधण्यासाठीच होता. यासाठी लाकडाच्या दांडक्यासारखा काही भाग ठेवून बाकीचा काढून टाकला तरी चालण्यासारखे होते. या मधे राहू दिलेल्या भागालाच आपण 'आरे' किंवा 'सोक' असे म्हणतो. त्यांच्यामुळे चाक हलके होते.

अवजड गाड्या आणि बग्या प्रचारांत आल्या तेव्हा आणखी एक अडचण उभी राहिली. पावसाळ्यात चिखलातून जाताना चाके खोलवर रुतून बसत. जड सामान ओल्या जमिनीवरून नेणे त्यामुळे फारच कठीण होई. जमिनीचा आधार मजबूत असावा म्हणून मग रस्ते बांधले जाऊ लागले. विटांनी किंवा दगडांनी महत्त्वाचे रस्ते पक्के बांधून काढले जात. कालांतराने खडी जमिनीवर पसरून आणि 'रोलर' फिरवून सपाट पण मजबूत रस्ता तयार करण्यात येऊ लागला. अशा रस्त्यांवरून अवजड वाहतूक वेगाने करणे शक्य झाले.

रस्ते कच्चे होते तेव्हा गाडी ओढणाऱ्या प्राण्यांच्या संथ गतीनेही मानव संतुष्ट होता. फारच कोणाला घाई असल्यास घोड्यावर प्रवास करण्यात येई आणि घोडा जितका जलद जाईल तितक्या लवकर तो इष्ट स्थळी पोहोचे. पण माणूस काय किंवा घोडा काय, अशा प्रवासात फार लवकर थकत. खाचखळ्यातून जातांना चाकाला बसणारे हादरे माणसाची हाडे खिळखिळी करीत. सुखकर प्रवासाचा तर प्रश्नच नव्हता.

हळू हळू रस्ते सुधारले आणि हलकी वाहने उपयोगात आली. श्रीमंत माणसे गाडीतून वेगाने मजल मारीत. बसण्याच्या जागा चामड्याच्या पट्ट्यांनी बांधून त्रास कमी करण्याचा प्रयत्न झाला. पण त्याने हादरे फारसे कमी झाले असे म्हणता येणार नाही. गचके कमी लागावेत म्हणून आज ज्या लोखंडाच्या स्प्रिंगस् लावतात, त्याचीच ही पूर्वतयारी होती म्हणानात !





सतराव्या शतकाच्या मध्यापर्यंत ब्रिटनमध्ये अधिक चांगले रस्ते बांधण्यात आले व त्यामुळे प्रवाशांना घोडा-गाडीतून एका दिवसात तीस मैलांपर्यंत अंतर कापणे शक्य झाले. ठराविक अंतर गेल्यावर थकलेली घोडी काढून ताज्या दमाची नवी घोडी पुन्हा जुंपण्याची सोय महत्त्वाच्या मार्गावर झाली. त्यामुळे पुढचा प्रवास देखील त्याच द्रुत गतीने करणे शक्य होऊ लागले.

रस्ते सुधारले की वेग वाढवणे शक्य होई आणि त्यासाठी अधिक चांगली चाके लागत. अशा प्रकारे चाक आणि रस्ते यांत जणू स्पर्धाच सुरू झाली. वाफेचे इंजिन आणि मोटार यांच्या शोधामुळे वेगवान वाहनांचे युग सुरू झाले. वाफेचे इंजिन पहिल्यांदा रस्त्यावर चालविण्यात आले. पण ते रुळांवर अधिक चांगले धावते हे लवकरच स्पष्ट झाले. घोडागाडीच्या काळात स्वप्नातही खरे वाटले नसते एवढ्या वेगाने मोटारी धावू लागल्या. या वेगाशी जुळवून घेण्यासाठी सीमेंट व कांक्रीट घालून रस्ते पक्के करण्यात येऊ लागले.

रस्त्यांबरोबर स्पर्धा करतांना चाकांचीही प्रगती झाली. एकोणिसाव्या शतकाच्या अखेरीला मोटारीच्या चाकांवर टणक रबराच्या धावा बसवीत असत. तरीदेखील रस्त्यावरील प्रवास हा अजूनही मंद गतीचा आणि कष्टकर होता. या नंतर दळण-वळणाच्या इतिहासात एक चमत्कार घडला. 1888 साली जॉन बॉईड डनलॉप या ब्रिटिश पशुवैद्याने ज्यात हवा भरता येईल अशा न्यूमॅटिक टायरचा शोध लावला. या टायरने चाकाचा शोध हा किती महत्त्वाचा आहे ते दाखवून दिले. टायरमध्ये हवा असल्याने त्याचा गादीसारखा उपयोग होऊन गचके जिथल्या तिथेच जिरत. प्रवास अधिक सुखाचा व्हावा म्हणून 'बलून टायर' नावाचे मोठे टायरही बापरात आले. आता चाके पूर्णतः धातूची बनवीत आणि त्यांचे वजन शक्य तितके कमी व्हावे म्हणून आरे ठेवीत.

आपली सायकल किंवा मोटार वेगाने आणि सफाईदारपणाने नेताना टायरच्या बाबतीत जे तत्व उपयोगी पडते तेच डनलॉपच्या पहिल्या टायरचेही होते. सायकल किंवा मोटारची चाके जास्त दाबाच्या हवेवर धावतात. टायरमधील ट्युब ही मऊ, पातळ रबरापासून बनविलेली असते. तिचे रक्षण व्हावे म्हणून बाहेरील टायर

जाड आणि टणक खराचा असतो. गतिमानतेच्या आधुनिक चमत्काराचे सर्व श्रेय टायरमधील हवा भरलेल्या ट्यूबलाच आहे.

वाहने वेगाने चालत त्या वेळी चाकांच्या मध्याशी आंसाचे जोराने घर्षण होई. या घर्षणाने उष्णता निर्माण होऊन झीज फार लवकर होई. हे टाळण्यासाठी विशेष प्रकारच्या आधाराचा शोध लावण्यात आला. यालाच 'बॉल-बेअरिंग' म्हणतात. चाक फिरू लागले की या आधारात असलेले गोलक फिरतात व त्यामुळे झीज मंदावते.

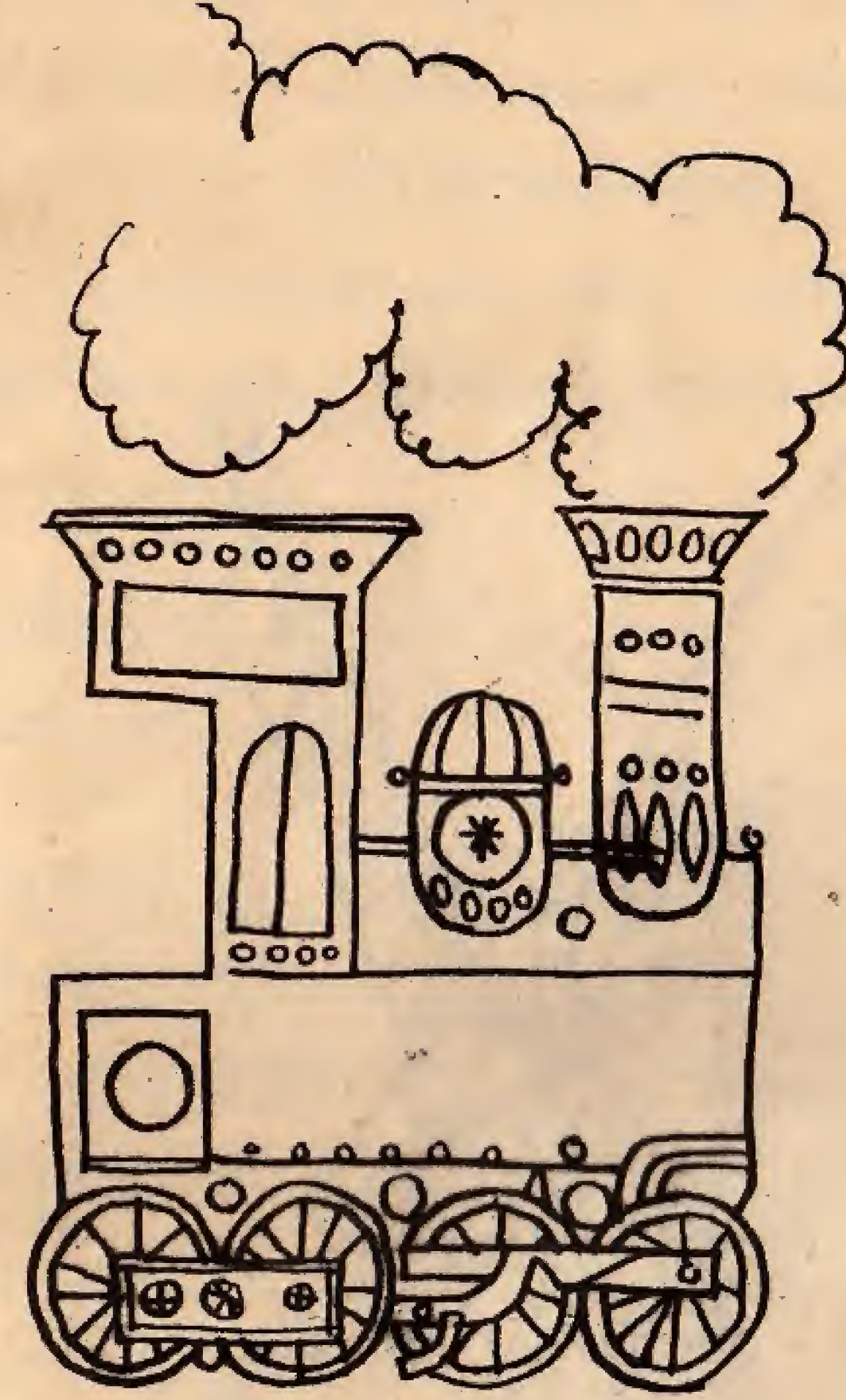
ट्राम व आगगाड्यासुद्धा चाकांवर धावतात. पण त्यांची चाके इतकी वजनी असतात की त्यांच्या वजनाने साधारण रस्ते उखडूनच जातील. त्यामुळे ही चाके विशिष्ट पद्धतीने बनविलेल्या लोहमार्गावरून धावतात.

जॉन डनलॉपचा शोध जगाच्या पाठीवर सर्वत्र पसरलेला आहे. सायकलीला आणि मोटारीलाच नव्हे तर विमानालाही हे क्रांतिकारी टायर लावले जातात. टनावारी वजन नेणे लॉज्यांना शक्य होते ते या टायरमुळेच. उड्डाणापूर्वी आणि उड्डाणा-नंतर खाली उतरताना अतिशय वेगाने धावणे विमानांना शक्य होते तेही या टायरमुळेच.

म्हणूनच असे म्हणावयाचे की, प्रवासाच्या बाबतीत सर्वश्रेष्ठ शोध जर कोणता असेल, तर तो चाक हाच आहे. किंबहुना आजच्या प्रवासाचा तो आधार आहे. अंतरावर विजय मिळविण्यासाठी दुसऱ्या कोणत्याही शोधाने एवढी मदत माणसाला केली नाही. खुष्कीच्या प्रवासाची गेल्या पन्नास शतकांतली पद्धत चाकाने ठरवून दिलेली आहे. जुन्या काळी जी ठिकाणे फार दूर आहेत असे वाटत होते, ती आता अगदी हाकेच्या अंतरावर आलेली आहेत. पूर्वी ज्या प्रवासाला महिने किंवा वर्षेही



लागत त्याला आता फक्त काही दिवसच लागतात. पाच हजार वर्षांपूर्वीच्या प्राणी जुंपलेल्या वाहनांच्या काळापासून हळू हळू प्रगती करीत माणूस अठराव्या शतकाअखेर बाष्पशक्तीपर्यंत येऊन पोचला. ज्या अज्ञात संशोधकाने चाकाचा शोध लावला, त्याचा मानव सदैव ऋणी राहील.



वाफेचे इंजिन

वाफेचे इंजिन आपल्या एवढे परिचयाचे आहे की ते जुने पुराणे झाले आहे, असे आपण मानतो. ते देखणे तर नसतेच, शिवाय थोडेसे देखील काम करताना फार आवाज करते. तथापि, बाष्पशक्ती माणसाने आपल्या कामाला जुंपली हा त्याचा फार मोठा विजय म्हणावा लागेल. आजही पुष्कळ जहाजे आणि आगगाड्या— विशेषतः मालगाड्या बाष्पशक्तीवरच चालतात.



पवनचक्की

अनेक नित्योपयोगी वस्तू तयार करणारे कारखाने बाष्पशक्तीवरच चालतात. आपल्या दैनंदिन जीवनात घरी, कार्यालयांत आणि कारखान्यांत आपण विजेवर अवलंबून रहात असलो तरी अखेरीस आपल्याला वाफेवरच अवलंबून राहावे लागते. कारण विद्युत केन्द्रांतील जनिने वाफेवरच चालतात. अणुशक्ती सर्वत्र प्रचारात आल्यावरही वाफेचा उपयोग संपणार नाही. कारण, अणुशक्ति निर्माण करताना उत्पन्न झालेली उष्णता वाफ तयार करण्यासाठी वापरली जाते. या वाफेवरच विजेची जनित्रे चालतात.

अधिकाधिक गती आणि शक्ती यासाठी मानवाने जो प्रयत्न केला, त्यातून वाफेच्या इंजिनाचा शोध लागला.

शक्तीची कामे करण्याचे आदिमानवाजवळ एकच साधन होते : त्याचे बाहू. दळणवळणासाठी प्राणी शिकवून तयार केल्यानंतर सामान दूरवर त्वरेने पोचविण्याचे काम त्यांच्या मदतीने होऊ लागले. मानवाला यापेक्षाही अधिक शक्तीची गरज वाटली तेव्हा त्याने वाऱ्याचा उपयोग केला. बोटी आणि जहाजे हाकारण्यासाठी त्याने शिडे उभारली तर जमिनीवर यांत्रिक कामे करण्यासाठी पवनचक्क्या बांधल्या. पण वाऱ्याचा भरवसा धरता येत नसे. वादळवारा आला तर जहाजे उलटून समुद्राचा तळ गाठीत आणि पवनचक्क्यांची नासधूस होई. उलट, वारा पडला तर जहाजे हलतच नसत आणि पवनचक्क्या अगतिक होऊन जात.

यानंतर पाण्याच्या वेगवान प्रवाहाचा उपयोग करण्यात आला. पाण्याला ओढ असेल तेथे चक्क्या बांधल्या गेल्या. पाण्यात बुडविलेले चक्र प्रवाहाच्या वेगामुळे गती घेई आणि त्यामुळे त्याच्याशी सांधलेले जात्याचे दगड फिरविले जात. हा उपयोग ध्यानात आल्यावर जेथे तेथे लोकांनी वस्ती केली. पण आपल्या पसेतीच्या ठिकाणी चक्की काढतां येईना. शिवाय पाण्याच्या प्रवाहावर बारमहा अवलंबून राहाता येत नसे.



उन्हाळ्यांत पाणी आटले तर चक्रीवाला दीनवाणा होऊन जाई. पावसाळ्यात पूर आला की चक्रीच वाहून जाई !

त्यामुळेच मनुष्य सतत अवलंबून राहाता येईल अशा एखादया नैसर्गिक साधन-संपत्तीचा शोध घेत होता. सुदैवाने त्याला कोळसा सापडला. जाळला की कोळसा उष्णता देतो आणि या उष्णतेने पाण्याचे वाफेत रूपांतर करता येते. बंद केलेले भांडे फोडून बाहेर येण्याएवढी शक्ती वाफेत असते असे त्याच्या अनुभवाला आले. मग विचार आला की हीच शक्ती आपल्या कामाला का जुंपू नये ?

वाफ ही काही शक्ती नव्हे. उष्णता व्यवस्थित वापरून शक्ती निर्माण करण्यास वाफ सोईची असते, एवढेच. आरंभीच्या काळात वाफेच्या यंत्रासाठी लागणारी उष्णता कोळसा जाळून मिळविली गेली. पण आता तेल, वीज किंवा अणू यांच्याही मदतीने उष्णता निर्माण केली जाते. वाफेवर चालणाऱ्या इंजिनाला लागणारी उष्णता यापैकी कशाहीपासून आलेली असेल. पण ती वापरली जाते पाणी उकळण्यासाठीच ! पाण्यापासून मिळालेली वाफ यंत्र चालविण्याच्या कामी येते.

वाफेच्या प्रचंड शक्तीची जाणीव मानवाला कित्येक शतकांपूर्वीच झालेली होती. सुमारे दोन हजार वर्षांपूर्वी अलेक्झांड्रिया येथील हेरो नावाच्या संशोधकाने एक





हेरोचे वाष्पयंत्र

वाष्पयंत्र शोधून काढले. त्याने चेंडूच्या आकाराचे एक भांडे घेतले व त्याला दोन पोकळ नळ्या जोडल्या. या नळ्यांतून वाफ भांड्यात प्रवेश करित असे. या भांड्याला आणखीही दोन तोट्या जोडून त्यांची तोंडे परस्पर विरुद्ध दिशांना जोडलेली होती. भांड्यात साठलेली वाफ या तोट्यांतून बाहेर येई त्या वेळी नळ्यांच्या आधारावर असलेले भांडे वेगाने गोल गोल फिरू लागे.

हिरवळीवर पाणी शिंपणाऱ्या यंत्राची कार्यपद्धती तुम्ही पाहिलीच असेल. ते गोल फिरत असताना त्याला असलेल्या बारीक छिद्रांतून पाणी इतस्ततः फेकले जाते. हेरोचे यंत्रही याच प्रकारे काम करित असे.

वाफेच्या शक्तीचा गती देण्यासाठी उपयोग करण्यात हेरो यशस्वी झालेला होता. पण त्याने या शोधाचा उपयोग खेळण्यासारखाच केलेला होता. त्यामुळे हा शोध लवकरच विसरला गेला.

वाफेच्या शक्तीचा पहिला उपयोग कोळशाच्या खाणीत झाला. खाणीतले वरचे थर उकरून झाल्यावर खाण कामगारांना जमिनीत खोलवर जावे लागते. असा प्रयत्न करताना साहजिकच पाणी लागते व खाणीचे विहिरीत रूपांतर झाले की त्यातून कोळसा काढताच येत नाही. म्हणून खाणीतल्या पाण्याचा उपसा करण्यासाठी एखादा सोपा उपाय शोधण्याची आवश्यकता उत्पन्न झाली.

खाणीतले पाणी उपसायला वाफेचा उपयोग प्रथम थॉमस सॅव्हेरे या इंग्रज इंजिनियरने 1698 साली केला. पण त्याने वाफेच्या शक्तीचा आपल्या यंत्रासाठी उपयोग केला नव्हता, तर वातावरणाच्या दाबाचा उपयोग केलेला होता.

वातावरणातील दाबाचे प्रत्यंतर सर्वांना ठाऊक असलेल्या एका साध्या प्रयोगातून तुम्हाला घेता येईल. एक पेला पाण्याने काठोकाठ भरा आणि त्यावर कागदाचा एक

तुकडा ठेवा. कागद त्यावर घट्ट दाबून धरून पाणी बाहेर येणार नाही अशा रीतीने तो पेला उलटा करा. आता कागदाला आधार देणारा हात बाजूला करा. असे दिसेल की तो कागद खाली पडत नाही. कारण वातावरणाचा दाब कागदाला वरच्या बाजूस दाबून धरतो आणि त्यास खाली पडू देत नाही.

सॅव्हेरीने वाफेचा उपयोग पोकळी तयार करण्यासाठी केला. एक बाजू बंद असलेल्या पाईपचे दुसरे टोक त्याने उपसावयाच्या पाण्यात बुडविले. या पाईपला पाण्याच्या थोडे वर एक छिद्र पाडून त्यातून वाफ पाठविली. त्यामुळे पाईपमध्ये असलेली हवा बाहेर सारली गेली. त्यासाठी चटकन बंद करण्याजोगे एक छोटे छिद्र पाडलेले होते. संपूर्ण पाईप वाफेने भरल्यावर हे छोटे छिद्र बंद केले व त्यावर थंड पाणी ओतले. त्यामुळे आतील वाफेचे पाण्याच्या थोड्या थेंबांत रूपांतर होऊन आत पोकळी निर्माण झाली. वातावरणाच्या दाबामुळे खालचे पाणी पोकळी भरण्यासाठी आपोआप वर चढले. तेथून मग ते योग्य अशा साधनांनी अधिक उंचीवर खेळविले गेले. या प्रयोगाचा अवलंब वारंवार करून अखेरीस पाणी वर खेचले गेले. न्यूकमेन या ब्रिटिश लोहाराने सॅव्हेरीच्या पंपात सुधारणा केली.

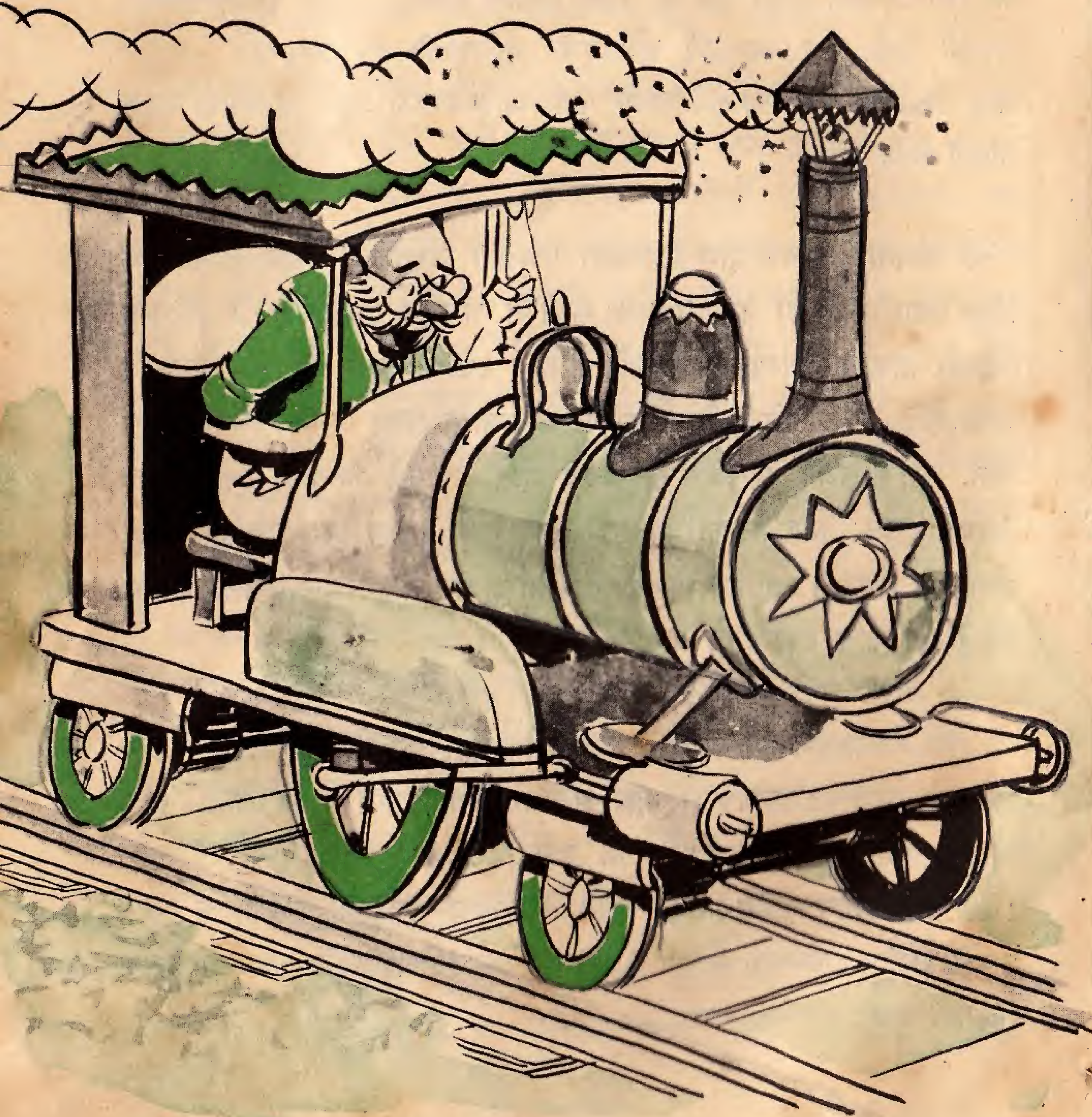
या नंतर ट्रेव्हिथिक या इंग्रज इंजिनियरने आणि जेम्स वॅट या स्कॉटलंडच्या रहिवाशाने आज आपणास माहीत असलेल्या वाफेच्या इंजिनाचा शोध लावला, व त्यात सुधारणाही केली. त्याच्या पद्धतीत सिलिंडर म्हणून ओळखल्या जाणाऱ्या एका बंद नळकांड्यात वाफ सोडली जाई. या सिलिंडरमध्ये पिस्टन म्हणून ओळखले जाणारे एक घट्ट ब्रूच बसविलेले असे. ते सिलिंडरमध्ये मागे पुढे होऊ शकत असे पण घट्ट बसविलेले असल्याने वाफेस अजिबात निसटू देत नसे.

या सिलिंडरच्या दोन्ही बाजूंना वाफ येण्यासाठी आणि बाहेर जाण्यासाठी विशिष्ट प्रकारची रचना केलेली होती. या रचनेलाच झडप किंवा 'व्हॉल्व्ह' म्हणतात.

सिलिंडरच्या एका अंगाने वाफेने प्रवेश केला की पिस्टन दुसऱ्या टोकाशी रेटले जाई. दुसऱ्या टोकाच्या झडपेतून वाफ आली की पिस्टन पुन्हा मूळच्या जागी परतत असे. ही पिस्टनची सतत वेगाने होणारी हालचाल पंपासाठी उपयोगी पडली. यथायोग्य उपकरणे लावून हीच वर खाली होणारी हालचाल चाक फिरविण्यासाठी वापरली गेली. या महत्त्वपूर्ण शोधामुळे वाष्पशक्तीच्या साहाय्याने गाडीची चाके फिरविता येऊ लागली. आता गाडी ओढण्यासाठी प्राणी जुंपण्याची गरज राहिली नाही.

ही कल्पना ट्रेव्हिथिक याने पहिल्यांदा प्रत्यक्षात उतरविली. त्याने आगगाडीचे इंजिन तयार करून 21 फेब्रुवारी 1804 रोजी ते चालवून दाखविले. या इंजिनला सोइस्कर धावपट्टी आवश्यक असल्याने लोखंडी रुळांचा वापर या वेळी करण्यात आला होता. कोळशाने भरलेल्या वाघिणी ओढण्याचा विक्रम या इंजिनाने प्रस्थापित केला. पण हे इंजिन म्हणजे एक धूडच होते. त्यामुळे कित्येक ठिकाणी रुळ उखडले, तुटले. रुळ तोडणारी ही गाडी काही खाण मालकांच्या पसंतीला आली नाही. या इंजिनाने दहा टन लोखंड लादलेली वाघीण ओढून दाखविलेली असली तरी ते कोणालाच नको होते.

जॉर्ज स्टीफनसन या आंग्ल इंजिनियरने वाफेचे इंजिन पूर्णवस्थेला नेऊन दाखविले, व्यवस्थित दळणवळण करू शकणारे इंजिन त्याने 1814 साली तयार केले; व त्याचा स्वीकार खाण मालकांनी केला. त्याच्याच 'रॉकेट' या इंजिनाला 1829 साली स्पर्धेत बक्षीस मिळाले आणि ते मॅचेस्टर-लिंक्नरपूल लोहमार्गावर धाऊ लागले, समांतर टाकलेल्या रुळांवर हे इंजिन अनेक वाघिणी ओढीत असे. आधुनिक लोहमार्गाचा हा श्रीगणेशा होता.



लोहमार्गावर धावणाऱ्या इंजिनाचा शोध हा आधुनिक दळणवळणाच्या प्रगतीच्या मार्गावरील महत्त्वाचा टप्पा होता. यानंतर प्रवासाला वेग आला. अर्थात वाफेवर यंत्रे काम करू शकतात हा शोधच सर्वात महत्त्वाचा! या शोधामुळेच इतरही अनेक कामे यंत्रांकडून घेणे शक्य झाले. शक्तीचा एक नवा ठेवाच हाती लागला. अधिकाधिक आगगाड्या निर्माण झाल्या तसतशा त्या भिन्न भिन्न प्रदेशांत ये-जा करू लागल्या. यंत्रे चालविण्यासाठी वाफेच्या शक्तीचा उपयोग करणारे कारखाने जागोजागी निर्माण झाले. बाष्पयंत्राने यंत्रयुगाची द्वाही फिरविली.





आता कोणत्याही ठिकाणी शक्ती मिळू शकत होती. बेभरवशाच्या वाऱ्यावर अवलंबून राहण्याची गरज उरली नव्हती, वेगाने वाहणाऱ्या पाण्याचा शोध घेत भटकण्याचे दिवस आता इतिहासजमा झालेले होते. यंत्रे वापरण्यासाठी शक्ती हवी असेल तेथे कोळसा तेवढा पुरवावा लागे. स्टीमर म्हणून ओळखली जाणारी वाफेवर चालणारी जहाजे आता बांधली जाऊ लागली. नवे उद्योगधंदे भरभराटीला आले.



एकूण उत्पादन वाढले. यामुळेच कच्चा माल आणि बाजारपेठा यासाठी तीव्र स्पर्धा सुरू झाली. समर्थ राष्ट्रे समृद्ध वसाहतींसाठी एकमेकांशी लढली आणि काहीनी साम्राज्येही स्थापन केली.

दळणवळणाच्या पद्धतीत वाफेच्या इंजिनामुळे झालेला बदल केवळ आगगाड्या किंवा जहाजे यांच्यापुरताच मर्यादित राहिला नाही. संशोधनाने थोडीच मजल मारल्याबरोबर आंतरज्वलनावर चालणारे यंत्र मोटारी आणि विमाने यांसाठी तयार

करण्यात आले. हे इंजिन कोळशाऐवजी डिझेल किंवा पेट्रोल वापरते.

पूर्वी किती तरी दिवस खाणारा प्रवास आता फक्त काही तासांवर आलेला आहे. देशाच्या एका टोकापासून दुसऱ्या टोकापर्यंत माल सुरक्षित आणि लवकर पोचविता येतो. शेतकामात बैलांची आणि घोड्यांची जागा ट्रॅक्टरने घेतलेली आहे. नांगरणी, पेरणी आणि कापणीची कामे आता यंत्रेच करतात व त्यामुळे ती कामे किती तरी जलद गतीने उरकली जातात.

या सर्व शोधांनी जग जवळ आणले आहे. अंतराचे भय आता वाटत नाही. समुद्र आणि आकाश या महाशक्तींवरही मानवाने विजय मिळविलेला आहे. अवघ्या दोनशे वर्षांपूर्वीच्या आपल्या पूर्वजांनी जर पृथ्वीला भेट दिली तर त्यांचा स्वतःच्या डोळ्यांवर विश्वासच बसणार नाही !



सूक्ष्मदर्शक यंत्र

माणसाचा डोळा अत्यंत कार्यक्षम असला तरी त्याच्या मर्यादा ध्यानात घेतल्या पाहिजेत. उदाहरणार्थ, फार लांबच्या वस्तू त्याला नीट दिसत नाहीत आणि अत्यंत सूक्ष्म वस्तूही पाहता येत नाहीत. दृष्टीला कदाचित असेच म्हणावे लागते. नुसता डोळा मिलिमीटरच्या दहाव्या हिस्साहून लहान वस्तूच पाहू शकतो. यापेक्षा अधिक सूक्ष्म वस्तू पाहण्यासाठी सुद्धा



काच किंवा सूक्ष्मदर्शक यंत्रासारखे बृहतीकरण करणारे उपकरण वापरावे लागते.

सुमारे सहाशे वर्षांपूर्वी काचेचा चष्म्यासाठी प्रथम उपयोग करण्यात आला. सोळाव्या शतकापर्यंत चष्म्याच्या काचा तयार करण्यात चांगलीच प्रगती झालेली होती पण सूक्ष्मदर्शक यंत्राचा शोध लागावयाचा होता. तो शोध लागला सतराव्या शतकात. दुर्बिणीचा शोध लावल्यावर गॅलिलिओने अजाणता भिंगातील अंतर वाढविले. त्याचा परिणाम असा झाला की दूरवरची वस्तू विशाल स्वरूपात दिसण्याऐवजी जवळील वस्तूंचा आकार मोठा झाला. सूक्ष्मदर्शक यंत्राचा शोध

असा लागला. गॅलिलिओने सूक्ष्मदर्शक यंत्र पूर्णत्वाला नेण्यासाठी पंधरा वर्षे परिश्रम घेतलेले असले तरी आधुनिक सूक्ष्मदर्शक यंत्राचा शोध लावण्याचे श्रेय त्याला देता येणार नाही. 1590 साली झॅचेरियस जॉन्सेन याने जे उपकरण तयार केले होते, त्यात सुधारणा होऊन आजचे सूक्ष्मदर्शक यंत्र तयार झाले आहे. पण या सूक्ष्मदर्शक यंत्राचा काही उपयोग होऊ शकेल, असे त्या वेळी कोणालाच वाटलेले नव्हते.

अँटनी व्हॅन ल्युवेनहॉक या डच दुकानदाराने सूक्ष्मदर्शक यंत्राचे महत्त्व प्रथम जगाच्या निदर्शनाला आणले. आपला मोकळा वेळ तो दृष्टिशास्त्राच्या अध्ययनाला देत असे. दृष्टिशास्त्र—ज्याला इंग्रजीत 'ऑप्टिक्स' म्हणतात—ते वस्तुतः प्रकाशाचे शास्त्र आहे. भिंगे काळजीपूर्वक कानसणे हा ल्युवेनहॉकचा आवडता छंद होता. सरावाने तो आपल्या कामात एवढा वाकबगार झाला की त्याचे भिंग वस्तू दोनशे पट मोठी करून दाखवू लागले. त्याच्या काळातील उत्कृष्ट सूक्ष्मदर्शक यंत्राचीही एवढी क्षमता नव्हती. पाण्याच्या एका थेंबात त्याला वेगवेगळ्या आकाराचे आणि आकारमानाचे शेकडो जंतू दिसू शकत. तो त्यांचे वर्णन 'क्षुद्र स्वापदे' म्हणून करित असे. त्या थेंबात हे जंतू पोहताना आणि एकमेकांच्या अंगावर विलक्षण रीतीने आदळताना दिसत. त्याने पाहिलेल्या सर्वात लहान जंतूला पुढे बॅक्टेरिया असे नाव मिळाले. ल्युवेनहॉक हा काही वैज्ञानिक नव्हता. त्याच्या काळातील विद्वान ज्या लॅटिन भाषेत ग्रंथ लिहीत ती भाषाही त्याला येत नव्हती. पाण्याच्या थेंबात जे दृश्य दिसले त्याचा अर्थ काही त्याला उमगला नाही. पण ते गूढ जाणून घेण्याची जिज्ञासा त्याला होती. त्या काळातील थोर वैज्ञानिक लंडन येथील रॉयल सोसायटीचे सभासद असत. या सोसायटीला पत्र लिहिण्याचा सल्ला त्याला देण्यात आला. भिंगातून दिसलेल्या आश्चर्यकारक दृश्याची माहिती त्याने 1673 साली प्रथम सोसायटीला बळविली.

पण सोसायटीचे विद्वान शास्त्रज्ञही ल्युवेनहॉक इतकेच बुचकळ्यात पडले. त्याने लिहिलेल्या माहितीची प्रथम थडा झाली. तरीही पुन्हा पत्र पाठवावे असा निरोप त्याला सौजन्यपूर्वक पाठविण्यात आला. तथापि, सौजन्य म्हणून केलेली विनंती ल्युवेनहॉकने इतकी मनावर घेतली की पुढील पन्नास वर्षांत त्याने एकूण पावणेचारशे पत्रे पाठविली !

त्याच्या आरंभीच्या काही पत्रांचा वैज्ञानिकांवर इतका प्रभाव पडला की त्यांनी त्याचा गांभीर्याने विचार करण्याचे ठरविले. ल्युवेनहॉकने कळविलेल्या आश्चर्यकारक माहितीची चेष्टा आता थांबलेली होती. तो आपली भिंगे कशी तयार करतो हे जाणून घेऊन तशीच भिंगे आपणही तयार करावीत व ल्युवेनहॉकने वर्णिलेल्या दृश्याचा चक्षुर्वैसत्यं पडताळा घ्यावा अशी शास्त्रज्ञांची इच्छा होती. पण ल्युवेनहॉकने आपल्या भिंगे तयार करण्याच्या पद्धतीचे रहस्य सांगावयाला नकार दिला. त्यामुळे शास्त्रज्ञांना त्याने दिलेल्या माहितीवरच समाधान मानावे लागले.

ल्युवेनहॉकच्या मोठ्या भिंगानंतर विविध प्रकारची सूक्ष्मदर्शक यंत्रे तयार करण्यात आली. या सर्वांत रॉबर्ट हूक्स याने बनविलेले यंत्र विशेष महत्त्वाचे म्हणावे लागेल. कारण त्याने कृत्रिम प्रकाशाचा उपयोग करून दाखविला.

वस्तू मोठ्या आकारात पाहाण्याची सर्वांत सोपी पद्धत म्हणजे ती डोळ्यांच्या अधिक जवळ आणावयाची. पंचवीस सेंटिमीटरवरील वस्तू व्यवस्थित दिसू शकते. पण अंतर यापेक्षा कमी केले तर डोळ्यांवर ताण पडतो. पाहणे त्रासदायक होऊ लागते. वस्तू याहीपेक्षा मोठ्या आकारात पाहावयाची असेल तर बाह्य उपकरणांचे साह्य घ्यावे लागते. एकेरी भिंगाने वस्तूचा आकार दसपट मोठा दिसू शकतो. सूक्ष्मदर्शक यंत्रात ही पट शेकड्यांनी वाढते. काही सूक्ष्मदर्शक यंत्रातून हजार पटीपेक्षाही अधिक मोठी अकृती दिसते.



सूक्ष्मदर्शक यंत्रांत दुहेरी भिंगाची रचना असते. वस्तुभिंग (object lens) आणि ड्रक भिंग (eye-piece) अशी नावे त्यांना देता येतील. सूक्ष्मदर्शक यंत्राच्या खालच्या अंगाला वस्तूजवळ असणाऱ्या भिंगाला वस्तुभिंग आणि डोळा लावला जातो त्या भिंगाला दृक्भिंग असे नाव आहे. या रचनेमुळे वस्तू अनेक पट मोठी दिसते.

ज्या सूक्ष्म वस्तूचे निरीक्षण करावयाचे ती 'स्लाइडस' म्हणून ओळखल्या जाणाऱ्या दोन पातळ काचांत धरून वस्तुभिंगाखाली ठेवतात. यंत्राच्या अगदी तळाशी आरसा असतो. हा आरसा योग्य रीतीने फिरवून वस्तूवर प्रकाश टाकला जातो. त्यामुळे

प्रतिमा सुस्पष्ट दिसते. वस्तूवर प्रकाश केंद्रित व्हावा म्हणून शक्तिशाली सूक्ष्मदर्शक यंत्रात 'कंडेन्सर' वापरतात.

सूक्ष्मदर्शक यंत्रात हळू हळू सुधारणा झाली. आरंभीच्या सूक्ष्मदर्शक यंत्रात असा दोष होता की प्रतिमेच्या कडांवर रंगाची छटा उमटे. काचेच्या लोलकांतून पाहिल्यास वस्तूचे काठ इंद्र धनुष्यासारखे रंगीत दिसतात, हे आपल्याला माहीतच आहे. असाच प्रकार भिंगाच्याही बाबतीत घडे आणि इंद्र धनुष्याचेच रंग भिंगातून दिसणाऱ्या प्रतिमेवर उमटत. आरंभीच्या सूक्ष्मदर्शक यंत्रातून दिसणाऱ्या प्रतिमा म्हणूनच रंगीत आणि अस्पष्ट असत.

तथापि, रंगविमुक्त व स्पष्ट प्रतिमा दर्शविणाऱ्या सूक्ष्मदर्शक यंत्राचा शोध लागावयाला 1830 साल उजाडले. जोसेफ जॅक्सन लिस्टर या इंग्लंडमधील चष्म्याच्या दुकानदाराने 'अक्रोमॅटिक' सूक्ष्मदर्शक यंत्राचा शोध लावला. सूक्ष्मदर्शक यंत्रातून पाहिले की वस्तूची विशाल प्रतिमा बुबुळावर उमटते. त्यायोगे एरवी अदृश्य असलेले विश्व डोळ्यांसमोर उभे राहाते. पण वस्तू निव्वळ मोठी करून दाखविणे पुरेसे नाही. सूक्ष्मदर्शक यंत्राचा आणखी एक महत्त्वाचा गुण म्हणजे त्याची 'पृथक्करण शक्ती' होय. म्हणजेच वस्तूचा प्रत्येक बारकावाही सारख्या प्रमाणात मोठा आणि स्पष्ट करून दाखविण्याची त्याची शक्ती होय. बारकावे स्पष्ट न होता जर अंधुक पण मोठी प्रतिमा मिळाली तर तिचा काहीच उपयोग नाही.

काही जंतू आणि जीवाणू एवढे सूक्ष्म असतात की अत्यंत शक्तिशाली सूक्ष्मदर्शक यंत्रातूनही ते दृष्टीस पडत नाहीत.

या नंतर असे लक्षात आले की सूक्ष्मदर्शक यंत्राखाली असलेल्या सूक्ष्म वस्तूचे

बृहतीकरण हे ती वस्तू प्रकाशित करण्याच्या योजलेल्या प्रकाशाच्या तरंगावर 'वेव्हलेंथ'वर अवलंबून असते.

म्हणजे असे की सूक्ष्मतर वस्तूसाठी आपल्याला कमी 'वेव्हलेंथ'ची प्रकाशकिरणे वापरणे योग्य ठरते. अतिनील किरणे आणि ती किरणे केंद्रित करण्यासाठी काचमण्यापासून बनविलेल्या भिंगाच्या साहाय्याने साध्या सूक्ष्मदर्शक यंत्रापेक्षा दुप्पट शक्तिशाली यंत्र तयार होते.

विद्यार्थी ग्रंथालय
च. हं. स्कूल, टिळक पथ, पुणे



मोठमोठ्या दवाखान्यांत शरीराच्या आंतील भागाचे छायाचित्र घेण्यासाठी क्ष-किरणांचा वापर होतो, हे तुम्हाला ठाऊक आहेच. साध्या प्रकाशकिरणांपेक्षा क्ष-किरणांची 'वेव्ह-लेंथ' कमी असल्याने ते शरीरातून जाऊ शकतात. याचाच अर्थ असा की क्ष-किरणांची 'वेव्ह-लेंथ' अतिनील किरणांपेक्षाही कमी असल्याने क्ष-किरण सूक्ष्मदर्शक यंत्र हे अधिकच प्रभावी ठरेल. परंतु ही किरणे केन्द्रित करण्यासाठी सुयोग्य अशा भिंगाचा शोध अजून लागावयाचा आहे.

शरीर, जीव आणि भूगर्भ इत्यादी शाखांतील शास्त्रज्ञांच्या गरजा वेगवेगळ्या असल्याने निरनिराळ्या प्रकारची सूक्ष्मदर्शक यंत्रे निर्माण करण्यात आलेली आहेत. नेहमीच्या प्रकाशाऐवजी अतिनील किरणांचा उपयोग करणाऱ्या सूक्ष्मदर्शक यंत्रातून वस्तू पाच हजार पट मोठी दिसते.

सूक्ष्मदर्शक यंत्रे हे वैज्ञानिकांना लाभलेले वरदानच होय. लुई पाश्चर (1822-95) या फ्रेंच रसायनशास्त्रज्ञाने असा शोध लावला की, ल्युवेनहॉक याने जे सूक्ष्म जंतू सर्वप्रथम पाहिले होते, त्यामुळेच रोग उद्भवतात या शोधाची कथा विलक्षण आहे.

त्या वेळी फ्रान्सचा मद्यव्यवसाय अतिशय संकटात सापडलेला होता. कोणत्या तरी अज्ञात कारणामुळे मद्य खराब होऊन जात होते. सूक्ष्मदर्शक यंत्रातून पाहणी केल्यावर पाश्चरच्या असे ध्यानात आले की ही कारवाई एका सूक्ष्म जंतूची होती. मद्य 140° फॅरनहीट उष्णतेपर्यंत तापविले तर जंतू मरतील, व मद्य खराब होणार नाही असे त्याने सुचविले. या पद्धतीलाच पाश्चरीकरण म्हणतात. बाह्यात्कारी कोणतेही कारण नसताना फ्रान्समधील रेशीम उत्पन्न करणारे किडे मरू लागले, त्या वेळी पाश्चरनेच तोही व्यवसाय वाचविला.



रोगांविरुद्ध पुकारलेल्या युद्धात सूक्ष्मदर्शक यंत्राचे डॉक्टरांना व शास्त्रज्ञांना फार मोठे साहाय्य झालेले आहे. युद्ध अजून चालूच आहे. संशोधकांच्या ध्यानात असे काही रोग आलेले आहेत की ज्यांचे जंतू अजूनही सापडलेले नाहीत. काही

संशोधकांना वाटले की, हे रोग सूक्ष्मदर्शक यंत्रातूनही न दिसणाऱ्या अतिसूक्ष्म जंतूमुळे होत असावेत. त्यांनी सूक्ष्मातिसूक्ष्म जंतूही अडकावेत अशा गाळण्या तयार केल्या. रोग उत्पन्न करणारे जंतू त्यातूनही निघून गेले. त्यामुळेच या जंतूंना 'गाळण्यांतून जाणारे विषाणु' असे म्हणतात.

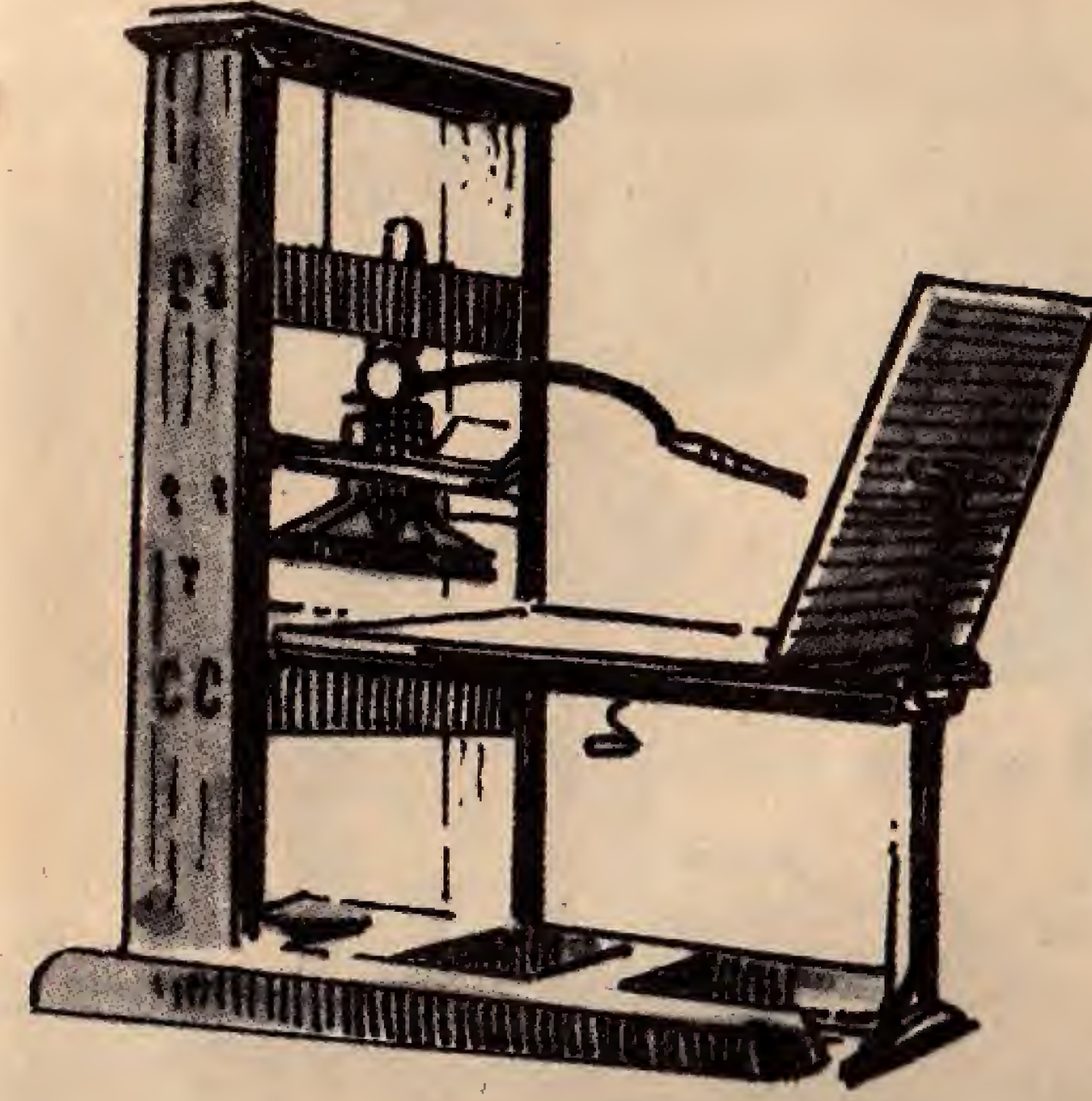
या नंतर 'इलेक्ट्रॉन मायक्रॉस्कोप'चा — म्हणजेच परमाणू सूक्ष्मदर्शक यंत्राचा — शोध 1923 साली व्हॉन बोरेझ आणि रस्का यांनी लावला. या यंत्रात प्रकाशकिरणां-ऐवजी परमाणूंची शलाका वापरली जाते. अणूत असलेल्या सूक्ष्म परमाणूंना 'इलेक्ट्रॉन' असे म्हणतात. या सूक्ष्मदर्शक यंत्रात भिंगाऐवजी चुंबकाचा उपयोग केला जातो. या चुंबकांनी परमाणूंची शलाका योग्य रीतीने वाकवली जाते व त्यामुळे प्रतिमा उपलब्ध होते.

परमाणू सूक्ष्मदर्शक यंत्राची शक्ती इतर कोणत्याही सूक्ष्मदर्शक यंत्राच्या दोनशे पट असते, याचाच अर्थ असा की, त्यात बृहतीकरण तीन लाख पट होते. या पटीच्या परिणामाची कल्पना करणेही कठीण आहे. माशीची तीन लाख पट दोन मैल लांब भरते! विषाणू आणि कर्करोग (कॅन्सर) यांच्या संशोधनाला लाभलेले परमाणू सूक्ष्मदर्शक यंत्र हे एक वरदानच आहे. आजपर्यंत अज्ञात असलेल्या व रोगराई पसरविणाऱ्या अनेक विषाणूंचे ज्ञान या उपकरणामुळेच शास्त्रज्ञांना मिळालेले आहे. परमाणू सूक्ष्मदर्शक यंत्राचे सामर्थ्य वाढविण्याचे सध्या जे प्रयत्न चाललेले आहेत, ते लक्षात घेता साक्षात अणूचे दर्शन घेणेही आपल्याला लवकरच शक्य होईल.

सूक्ष्मदर्शक यंत्राचे इतरही अनेक उपयोग आहेत. खडक, स्फटिक आणि धातूतील दोष त्यामुळे शोधता येतात. आपले शरीर लहान लहान अशा अनंत घटकांचे (सेल्स)



वनलेले असून ते फक्त सूक्ष्मदर्शक यंत्रातूनच दिसतात. आपले शरीर आणि आनुवंशिकता या सेलमधील घटकांनी नियंत्रित होते. प्रजननशास्त्र या घटकांचे अध्ययन करते. यांतील काही घटक तर परमाणुसूक्ष्मदर्शक यंत्रातूनही दिसत नाहीत. आपल्या पूर्वजांची आयुर्मर्यादा पस्तीसाहून अधिक नव्हती. पण आता ती दुप्पट झालेली आहे. सूक्ष्मदर्शक यंत्राचेच हे वरदान आहे. या यंत्रात पुढे कोणत्या सुधारणा होतात आणि त्यामुळे कोणकोणते नवे शोध लागतात त्याची जग श्वास रोधून वाट पाहत आहे.



छापखाना

माणसाने रेखाटनाला आणि चित्रे काढावयाला तीस हजार वर्षांपूर्वी प्रारंभ केला. इतर प्राण्यांपेक्षा आपण श्रेष्ठ आहोत हे शक्ती आणि युक्ती यांचा यथोचित उपयोग करून त्याने आधीच सिद्ध केलेले होते. आपल्यापेक्षा कितीतरी जास्त शक्ती असलेल्या प्राण्यांची शिकार करण्यासाठी लागणारे कौशल्य आणि योजकता आपल्यापाशी आहे याचे प्रत्यंतर त्याने घेतलेले होते. शस्त्रे आणि सापळे तयार करण्याची विद्याही



त्याला अवगत झालेली होती. या सर्व गुणांमुळेच माणूस जीवनसंघर्षात टिकू शकला.

अवगत झालेल्या कलेचा आणि विद्येचा प्रयोग प्रत्यक्ष उपयोग नसतानाही एक गमतीचा चाळा म्हणून त्याने करावा, हे स्वाभाविकच म्हणावे लागेल. या उद्योगात आपल्या श्रेष्ठत्वाची त्याला जाणीव होत होती. रेखाटने आणि चित्रे काढणे हा असाच उद्योग असल्यामुळे त्याचे मन त्यात रमले यात काय आश्चर्य?

रेखाटने किंवा चित्रे काढण्याच्या प्रेरणेचे मूळ कलानंदापेक्षा जादूटोणा करण्याच्या वृत्तीत असावे, असेही शक्य आहे. बाणाने किंवा भाल्याने जायबंदी झालेल्या प्राण्याचे चित्र काढताना माणसाच्या मनात अशी आंधळी श्रद्धा जागृत झालेली असावी की,

आता रानात शिकारीला गेल्यावर अशाच रीतीने प्राणी ठार मारता येतील. चित्रकलेने त्याला केवळ हस्तकौशल्य दाखविण्याचीच संधी दिली असे नव्हे, तर त्याच्या आशा, आकांक्षा, भय आणि चिंता यांचीही अभिव्यक्ती त्याला चित्रकलेलमुळे करता आली.

आपल्या मनोभावना अधिकाधिक सुस्पष्ट रीतीने व्यक्त करता याव्यात अशी स्वाभाविक इच्छा पुढे त्याच्या मनात उत्पन्न झाली. कारण, इतर क्षेत्रांत त्याची प्रगती झालेली होती. या इच्छेपोटी लेखनकलेचा शोध लागला. अगदी आरंभी त्याला सुचली ती चित्रलिपी. पुरातन काळी इजिप्तमध्ये लेख म्हणून चित्रेच काढली जात. पण लवकरच असे लक्षात आले की ही पद्धती जिकिरीची आणि वेळखाऊ आहे. कालांतराने लेखनाच्या सोप्या प्रकारांचा अवलंबन होऊ लागला.

माणसाच्या जीवनपद्धतीत लिपीच्या शोधाने फार मोठे स्थित्यंतर घडवून आणले. आपले ज्ञान ग्रंथनिविष्ट करून पुढील पिढ्यांपर्यंत पोचविणे थोर तत्त्वज्ञांना आता शक्य झालेले होते. माणसाबरोबर त्याची विद्या आता नाश पावत नव्हती. उत्तरकालीन विद्वान त्यात आपल्या ज्ञानाची भर घालू लागले. पुस्तके हा ज्ञानाचा आणि थोर विचारांचा खजिनाच बनला.

राजे आणि सरदार आपल्या पदरी लेखनिक बाळगीत असत. सुप्रसिद्ध पुस्तकांची प्रत तयार करणे हे त्यांचे काम असे. जगभर पसरलेले धर्मगुरू आपल्या उत्पन्नाचा काही भाग या उद्योगासाठी राखून ठेवीत. पण हातांनी प्रती करण्याचे काम हळू हळू चाले. आयुष्यभर कष्टाने तेव्हा निवडक पुस्तकांच्या प्रती तयार होत.

पुस्तकांची किंवा त्यांच्या प्रतींची संख्या हाताच्या बोटावर मोजण्याइतकी असावयाची आणि म्हणूनच ती फार महाग असावयाची. शेकडो किलोमीटर प्रवास केल्यावर विद्वानांना त्यांच्या पसंतीचे एखादे पुस्तक सापडे. त्यामुळे फारच थोडे लोक लिहिणे वाचणे शिक्त यात आश्चर्य नाही. ही विद्या अवगत झालेले काही लोक

इतरांना ती शिकवीत. पण अनेक लोक आपल्या ज्ञानाचा स्वार्थासाठी दुरुपयोगही करीत. निरक्षर जनतेला ते सहज फसवीत. सर्व सामान्य माणूस अगतिक झालेला होता. सत्य काय आहे याची शहानिशा स्वतःला करणे शक्य नसल्याने इतर सांगतील त्यावरच त्याला विश्वास ठेवावा लागे.

अशीच स्थिती कायम राहाणे शक्य नव्हते. जे काही सांगितले जाई ते निमूटपणे मान्य करण्यास लोक विरोध करू लागले. त्यांनी प्रश्न विचारण्यास सुरुवात केली पण त्यांच्या प्रश्नांची समाधानकारक उत्तरे मिळेनात. पुरातन विचारपद्धतीविरुद्ध बंड वाढू लागले. कसे वागावे किंवा वागू नये याचा निर्णय केवळ ग्रंथाच्या आधाराने करण्याची त्यांची तयारी राहिली नाही. कारणपरंपरा तर्काने पटवून द्या अशी त्यांची मागणी होती.



युरोपात चवदाव्या शतकाच्या सुमाराला गोष्टी निकराला आल्या. प्रत्येक विधान आम्ही आमच्या बुद्धीच्या निकषावर घासून पाहू आणि आमच्या शंका प्रत्यक्ष प्रयोगाने फेडून घेऊ अशी भूमिका पत्करली गेली. देशोदेशीच्या निसर्गनिर्मित आणि मानवनिर्मित आश्चर्यांचे वर्णन लोकांनी ऐकलेले होते. आता जहाजात बसावे आणि ही ऐकीव माहिती खरी आहे का याचा प्रत्यक्ष पडताळा घ्यावा अशी इच्छा त्यांना झालेली होती. त्यांनी वैद्यकावरील जुनी पुस्तके जाळून टाकली. एवढेच नव्हे, तर शरीरशास्त्राचे ज्ञान व्हावे म्हणून विच्छेदनासाठी थडगी उकरून प्रेतेही बाहेर काढली. मानवी शरीराची



घटना कशी आहे आणि ते कसे कार्य करते हे त्यांना प्रत्यक्ष पाहावयाचे होते.

अशा प्रकारे विज्ञानाचा जन्म झाला. प्रत्येक वस्तूचा आकार मापला गेला आणि वजन तोलले गेले. दूरदर्शक यंत्राच्या साहाय्याने ग्रह आणि ताऱ्यांचा अभ्यास होऊ लागला. ज्ञानाची कवाडे उघडली गेली. या नवनवीन शोधांची बहुजनांना माहिती व्हावी म्हणून अधिकाधिक पुस्तकांची गरज भासू लागली. ज्ञान सर्वांच्या उपयोगासाठी संकलित झाले पाहिजे. ते काही थोड्या लोकांच्या फायद्यासाठी कडीकुलपात बंद करून ठेवण्यासाठी नसते याची जाण लोकांना झाली.

मुद्रण कलेच्या शोधाने हे कार्य आटोक्यात आणले, हजारोच्या संख्येने पुस्तके छापली गेली. त्यामुळे केवळ ज्ञानाचाच चौफेर विस्तार झाला असे नव्हे, तर लोकांची मने वेगवेगळ्या कल्पनांना जन्मही देऊ लागली.

जोहान गुटेनबर्ग (1337-1468) या जर्मन गृहस्थाने युरोपातील मुद्रण कलेचा शोध लावला असे मानले जाते. चीन आणि केरिया येथे छपाईसाठी या पूर्वीही खिळे वापरीत असत, असे दिसते. तथापि, गुटेनबर्गला खिळ्यांची कल्पना स्वतंत्र रीतीने सुचली असेच पुरावे पाहिल्यावर वाटते.

गुटेनबर्गने प्रत्येक अक्षर वेगवेगळे ओतून केले आणि ही ओतलेली अक्षरे एकाजबळ एक अशी ठेऊन शब्द तयार केले. याच पद्धतीने ओळी आणि पुढे पान तयार झाले. हा शोध 1436 किंवा 1437 साली लागला. त्या नंतर त्याने मैनझ या त्याच्या जन्मग्रामी छपाईचे दुकान उघडले. येथेच युरोपांतले पहिले पुस्तक छापले गेले. ते होते बायबल. ते आज 'मॅझरिन बायबल' या नावाने ओळखले जाते.

छापण्याची कला यानंतर वेगाने युरोपभर पसरली. 1476 मध्ये विल्यम बेन्सालोन याने ती इंग्लंडात आणली. 1539 साली मॅक्सिकोमध्ये छापखाना उघडला गेला.



जुना छापखाना

आणि शंभर वर्षांनंतर, आज युनायटेड स्टेटस् ऑफ अमेरिका या नावाने ओळखल्या जाणाऱ्या देशात पहिले पुस्तक छापले गेले.

मुद्रणाच्या प्राथमिक अवस्थेत खिळे हातांनी जुळवून चौकटीत बांधत, खिळ्यांच्या पृष्ठभागावर रोलरच्या साहाय्याने शाई पसरित असत. नंतर या पृष्ठभागावर कागद ठेवून तो जोराने दाबल्यास अक्षरांचा स्पष्ट असा ठसा उमटे. आजसुद्धा लहानसहान कामांसाठी खिळे हातानेच जुळवितात आणि 'ट्रेडल' यंत्राच्या साहाय्याने छपाई करतात.

तथापि, हाताने खिळे जुळविण्याची क्रिया जात्याच अतिशय संथ होती. एकोणिसाव्या शतकाच्या अखेरीला या कामासाठी विविध प्रकारची यंत्रे तयार करण्यात आली. यांपैकी लिनोटाईप आणि मोनोटाईप ही यंत्रे सर्वांच्या परिचयाची आहेत.

लिनोटाईप यंत्र शोधून काढण्याचा वैज्ञानिक हक्क 1884 साली ऑटमर मर्जे थेलर याने संपादित केला. या यंत्रात 'स्लग' तयार होत असत. प्रत्येक 'स्लग' हाताने खिळे जुळविलेल्या संपूर्ण ओळीचे काम करित असे. टंकलेखन यंत्रासमोर असतो तसाच कळफलक याही यंत्रासमोर असतो. कळ दाबली की विशिष्ट अक्षरांचा साचा रांगेत जाऊन पडतो. अशा प्रकारे सर्व ओळीचे साचे एकत्र आले की त्यांचा धातूचा साचा आपोआप घडविला जातो. हा धातूचा साचा घडविला गेला की मूळ साचे आपापल्या जागी परत जातात. त्यानंतर हे धातूचे साचे किंवा 'स्लग' व्यवस्थित ठेऊन पान बांधले जाते. छपाई झाल्यावर वापरलेले धातू वितळून नव्या ओळींच्या ठशांसाठी पुन्हा वापरण्यात येते.

मोनोटाईप यंत्रात ठशांची रचना विलग असते. म्हणजे असे की या यंत्रात एकावेळी एकाच अक्षराचे ठसे पाडण्याचे आणि जुळविण्याचे काम होते. या यंत्राचे वैज्ञानिक

हक्क टॉलबर्ट लॅन्सटन या अमेरिकनाने 1887 साली घेतले. हे यंत्र वस्तुतः दोन यंत्रांचे संयुक्त रूप आहे. एका भागात टंकलेखन यंत्राप्रमाणे कळफलक असतो. कळ दाबली की कागदी पट्टीवर एक छिद्र पाडले जाते. जागोजागी, खुणेची छिद्रे कागदाची पट्टी मग कास्टर म्हणून ओळखल्या जाणाऱ्या ठसा पाडणाऱ्या दुसऱ्या यंत्राकडे नेण्यात येते. पट्टीवरील छिद्रे कोणते अक्षर कोठे असावे हेच जणू यंत्राला सांगतात. अशा प्रकारे ठसा उत्पन्न होतो.

हस्तमुद्रणाच्या काळापासून आजपर्यंत छपाईच्या तंत्रातही बरीच सुधारणा झालेली



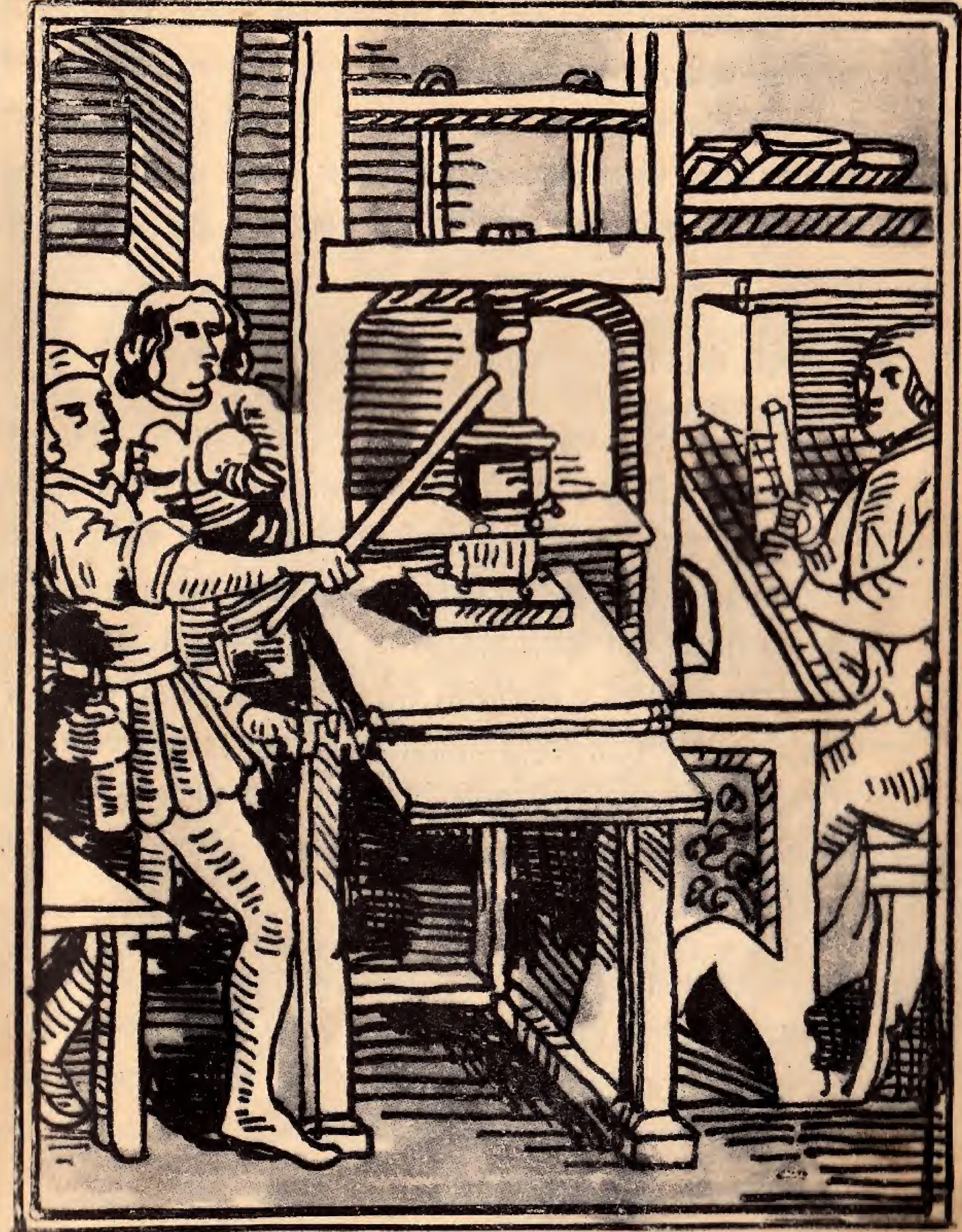
आहे. विद्युत शक्तीचा उपयोग हे अर्थातच पहिले पाऊल होते. याचाच अर्थ आता की, यंत्र चालविण्याच्या कामी माणसाच्या जागी विद्युत शक्तीचा उपयोग होऊ लागला. शिवण यंत्रासारखे पायांवर चालणारे टूडल हे यंत्रही आता सर्वत्र विजेवर चालते. ही सुधारणा झालेली असली तरी इतर बरीचशी कामे—अनेक कोरणीत हातांनीच करावी लागत. मुद्रणासाठी हातांनीच कागद उचलून योग्य ठिकाणी काळजीपूर्वक ठेवावा लागत असे. छपाईनंतर कागद उचलून वसू लागण्याचे कामही

हातांनीच करावे लागे. त्यामुळे विद्युत शक्ती उपलब्ध असूनही छपाईचा वेग फारसा वाढला नाही. कागद बदलण्याचे काम हाताला करता येईल इतपतच वेगाने यंत्र चालवावे लागत असे. अनुभवी कामगारांचा हात जलद चाले, पण त्यामुळे छपाईचा एकूण वेग मात्र थोडाच वाढायचा.

1810 साली मुद्रणयंत्रे वाफेवर चालू लागली. बाष्पयंत्रे उपलब्ध झाल्यामुळे मोठी आणि अवजड यंत्रे तयार होऊ लागली. ही यंत्रे एकाच वेळी किती तरी पाने छापू शकत. अशा प्रकारे वेग फारसा वाढलेला नसला तरी मोठी यंत्रे एकाच वेळी अधिक पाने छापून काम जलद गतीने पूर्ण करून देत.

पण हा लाभ मर्यादित म्हटला पाहिजे. यंत्रशक्तीचा पुरेपूर उपयोग करून घेणे अजून शक्य झालेले नव्हते. खिळ्यांवर शाई लावणे. कागद उचलून योग्य जागी अचूक ठेवणे, त्यावर छपाई करणे व छपाई झाल्यावर तो झटकन उचलणे आणि त्यानंतर या सर्व क्रिया पुनः पुन्हा करणे यासाठी स्वयंचलित मुद्रण यंत्राची आवश्यकता होती. कालांतराने या गोष्टी शक्य झाल्या. आज छोटे काय किंवा मोठे काय, प्रत्येक मुद्रणयंत्र स्वयंचलित असते. हे यंत्र खिळ्यांना शाई लावते, हवा शोषून घेणाऱ्या वाट्यांच्या मदतीने कागद उचलते आणि तो कागद तक्त्यावर ठेवून देते. त्या ठिकाणी तो कागद छापला जातो आणि त्यानंतर हवा शोषून घेणाऱ्या वाट्या तो कागद पुन्हा उचलून एका तिबईवर टाकून देतात.

वर्तमानपत्रांना पूर्णतः स्वयंचलित असलेली विशाल यंत्रे लागतात. या यंत्रांना रोटरी मुद्रणयंत्र म्हणतात. या यंत्रात छपाईचा साचा धातूच्या चादरीवर घेतला जातो आणि ती चादर एका गोल नळकांड्याभोवती गुंडाळली जाते. हे नळकांडे खूप जोरात फिरवण्यात येते. यंत्र चालू झाल्यावर कागदाचा रीळ उलगडत जातो आणि तो नळकांड्यावरून गेल्यावर मुद्रित होतो. या पद्धतीत काम फार जलद होते.

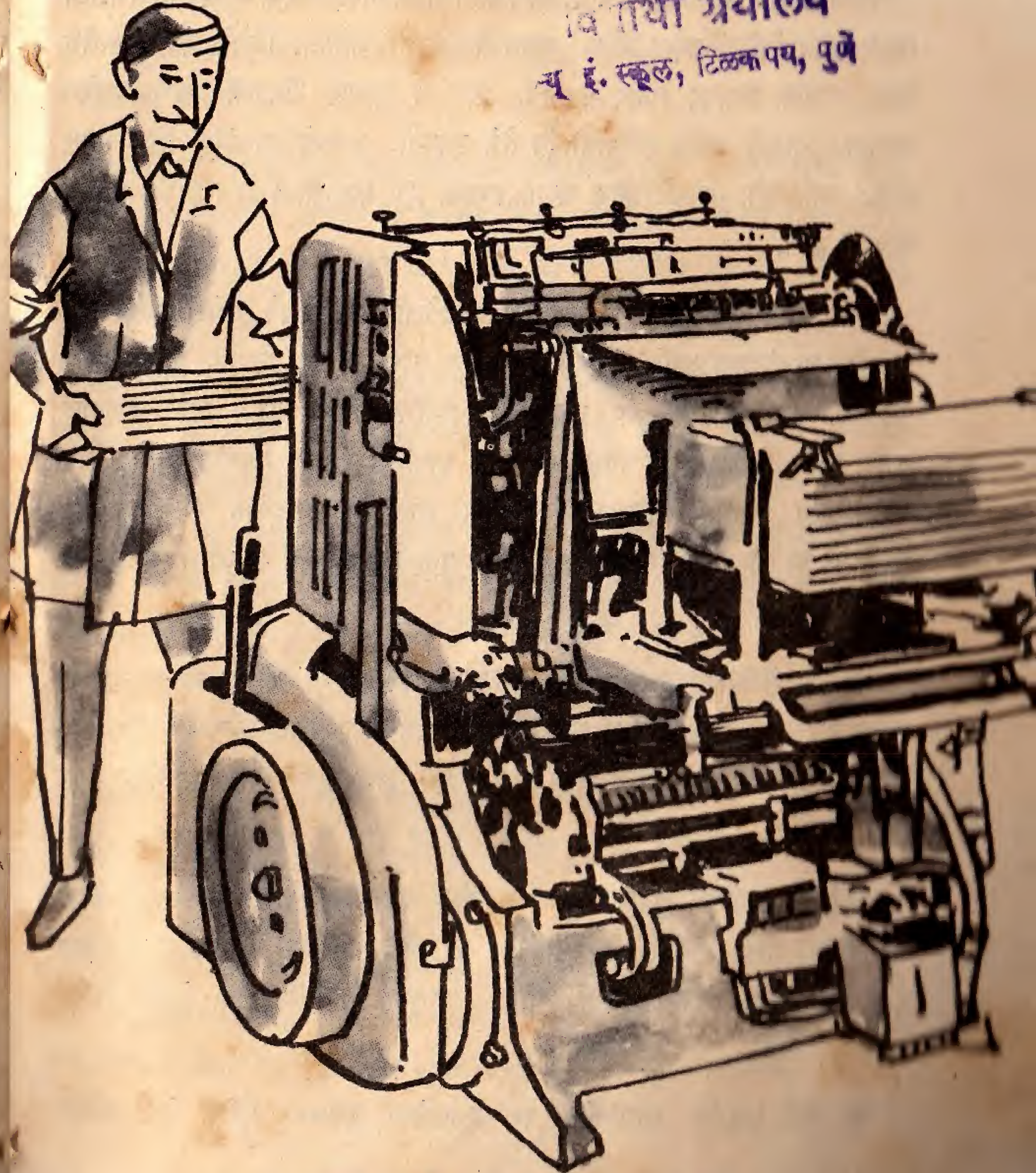


यंत्रांच्या उपयोगामुळे छपाईला आता चांगलीच गती आलेली आहे. एका वेळी एका मोठ्या कागदावर सोळा स्वतंत्र पानांचा मजकूर छापला जातो. तासाभरात आता असे दोन हजार कागद म्हणजे सामान्य पुस्तकाच्या सुमारे तीस हजार पानांएवढा मजकूर छापून होतो. रोटरी यंत्रात तर छपाई, कापणी आणि घड्या घालणे ही सर्व कामे करून वर्तमानपत्राच्या सुमारे एक लक्ष प्रती तासाभरात विक्रीला तयार होतात.

छपाईशी संबंधित अंगोपांगांचाही आता विकास झालेला आहे.

पुस्तकांत, मासिकांत आणि वर्तमानपत्रांत अनेकदा चित्रे असतात. चित्रांचे कृष्ण-धवल रेखाचित्र आणि हाफटोन असे दोन प्रकार आहेत. स्पष्ट कृष्णधवल रेखाटनांची 'लाईन ब्लॉक पद्धतीने' छपाई होते. त्यासाठी चित्रांचे खास तयार केलेल्या जस्ताच्या पत्र्यावर छायाचित्र घेतले जाते. हा पत्रा नंतर काही वेळ आम्लात बुडवून ठेवला जातो. त्यातील जो भाग जितका पांढरा असेल, त्यावर आम्लाची तितकीच जास्त क्रिया होऊन तो झिजतो व त्याची उंची कमी होते. उलट, काळ्या रेषांचा भाग न झिजल्यामुळे उंच राहतो. त्यामुळे जस्ताचा पत्रा कोरीव काम केल्याप्रमाणे दिसतो. या पत्र्यावर शाईचा रूळ फिरविला की उंच भागावर शाई लागते आणि कागदावर काळ्या रंगाचा नेमका ठसा उमटतो. या पद्धतीने तयार केलेल्या पत्र्याला 'लाईन ब्लॉक' म्हणतात.

छायाचित्रे आणि कमी अधिक गडद रंगाच्या छटा असलेली रेखाचित्रे 'हाफ-टोन' ब्लॉकच्या साहाय्याने छापली जातात. विशिष्ट प्रकारे तयार केलेल्या तांब्याच्या पत्र्यावर चित्राचे एका पडद्यातून छायाचित्र घेतले जाते. त्यामुळे ठिपक्या ठिपक्यांचे चित्र त्यावर उमटते. मोठे ठिपके असलेल्या जागी गडद रंग उमटतो, तर बारीक ठिपके असलेल्या जागी फिके रंग येतात.



सर्वसामान्य छपाईचे पूर्णतः स्वयंचलित गुणगण यंत्र

रंगीत चित्रांची छपाईहि याच पद्धतीने केली जाते. कमी अधिक गडदपणा नसलेली साधी रंगीत चित्रे 'लाईन ब्लॉक' पद्धतीने छापली जातात. जितके रंग असतील तितके ब्लॉक अगोदर तयार करतात. मग ते एकाच ठिकाणी क्रमशः मुद्रित करतात. त्यामुळे प्रत्येक ब्लॉकचा रंग तेथे उमटतो. व अखेरीस संपूर्ण चित्र तयार होते. जाहिराती, मुखपृष्ठे किंवा अशा सारख्या इतर कामासाठी ही पद्धत उपयोगात आणली जाते.

रंगीत छायाचित्रे किंवा चित्रकारांनी काढलेली रंगीत चित्रे मुद्रित करावयाची असतील तर रंगछटा आणि रंगांची सरमिसळ स्पष्ट व्हावी म्हणून 'हाफ-टोन' पद्धतीचा वापर करतात. या मुद्रणाच्या पद्धतीला तिरंगी पद्धत असे म्हणतात कारण लाल, पिवळा आणि निळा या तीन प्राथमिक रंगांचा उपयोग चित्र तयार करण्यासाठी करतात. चित्रात दिसणाऱ्या इतर रंगांना दुय्यम रंग म्हणतात. कारण ते या तीन मूळ रंगांच्या वेगवेगळ्या प्रमाणात केलेल्या मिश्रणापासून उत्पन्न झालेले असतात.

या तीन रंगांचा छपा तयार करताना खास तऱ्हेची गाळणी वापरतात. त्यामुळे संमिश्र रंगांचे विश्लेषण होऊन तीन प्राथमिक रंग आपल्याला छाप्यावर गवसतात. हे तीन छापे ज्या वेळी एकच किंवा एकावर एक असे छापले जातात, तेव्हा मूळ चित्राची प्रतिकृती तयार होते.

चौरंगी चित्रांच्या मुद्रणात मुख्यतः हीच पद्धत असते. फक्त त्यात थोडी भर घातली जाते. वरील तीन रंगांच्या छाप्यांच्या भरीला चौथा केवळ काळा रंग उमटविणारा छपा जोडला जातो. त्यामुळे चित्रातील गर्द रंगांना विशेष गहिरेपणा येतो.

या सर्व पद्धतींत छाप्यातील वर उचललेला पृष्ठभाग मुद्रित केला जातो.

खिळ्यातील किंवा छाप्यातील खोलगट भाग मुद्रित होत नाही. तथापि, सपाट पृष्ठभाग मुद्रित करण्यासाठीही काही पद्धती आहेत. यांपैकी सर्वसामान्य पद्धत ही 'लिथोग्राफ'ची होय.

चुनखडीच्या सपाट पाट्याच्या साहाय्याने लिथोग्राफ मुद्रित केला जातो. रेखाटनाच्या उलट आकृती एकदम पाट्यावरच किंवा खास तयार केलेल्या कागदावर काढून नंतर पाट्यावर उतरविली जाते. या दोन्ही पद्धतीत जी शार्ई किंवा जो खडू वापरला जातो, त्यात सावण किंवा ग्रीझ यांचा अंश असतो.

ज्या वेळी चुनखडीचा ओला पृष्ठभाग हा ग्रीझमिश्रित चिकट शार्ईने माखला जातो, त्या वेळी शार्ई ओलसर भागाला न चिकटता फक्त चित्रातील शार्ईवरच किंवा खडूने काढलेल्या आकृतीवरच टिकून राहाते या पृष्ठभागावर कागद ठेऊन तो दाबला असता चित्र मुद्रित होते. कधी कधी चुनखडीच्या पाट्या-ऐवजी अल्युमिनियमचे पत्रेही वापरतात. चुनखडीचा पाटा अतिशयच जड असतो. अल्युमिनियम हलके असल्यामुळे त्याचा वापर करणे सोपे जाते. शिवाय धातूची झीजही कमी होत असल्यामुळे मोठी सुस्पष्ट चित्रे प्रचंड संख्येने छापता येतात.

छायाचित्रांनी लिथोग्राफीची कक्षा रुंदावली आहे. 'फोटोलिथोग्राफी' नावाच्या पद्धतीत कॅमेऱ्यातून निघालेली निगेटिव्ह विशिष्ट प्रकारे तयार केलेल्या धातूच्या पत्र्यावर चढविली जाते आणि त्यापासून मग मुद्रण होते.

'ऑफसेट' ही सपाट पृष्ठभागावरील मुद्रणाची आणखी एक पद्धत आहे. ही लिथोग्राफीसारखीच आहे. चुनखडीच्या पाट्यावरील किंवा धातूच्या पत्र्यावरील ठसा प्रथम एका रवरी चादरीवर आणि तेथून कागदावर उमटविला जातो.

प्रत्येक वैज्ञानिक संशोधन मानवाच्या सेवेत राबविण्याचा प्रयत्न आज होत असल्यामुळे मुद्रणकला ही जितकी प्रगत तितकीच गुंतागुंतीचीही झालेली आहे. वर उल्लेखिलेल्या यंत्रांत धातूचा ठसा साच्यापासून तयार केला जातो. मुद्रणातील अत्याधुनिक पद्धत 'फिल्मसेटिंग' होय. या पद्धतीत अक्षरांची जुळणी छायाचित्रणाच्या साहाय्याने केली जाते, कोणताही धातू वापरला जात नाही. अनेक प्रकारच्या यंत्रांचा शोध लागलेला असला तरी 'मोनोटाईप' आणि 'लिनोटाईप' फिल्मसेटर यांची ख्याती विशेष आहे. ही दोन यंत्रे धातूचे ठसे करताना ज्याप्रमाणे भिन्न भिन्न पद्धती वापरतात, त्याचप्रमाणे फिल्मसेटिंगचेही त्यांचे मार्ग वेगळे आहेत.

फिल्मसेटिंगमध्ये धातूच्या ठशाची जागा फिल्म घेते. त्यामुळे या पद्धतीला 'संकलित छायाचित्रण' असेही म्हणतात. साचे येथेही वापरले जातात. पण धातूचे ठसे तयार करण्यासाठी नव्हे, तर अनेक प्रती काढता येतील अशी फिल्म तयार करण्यासाठी!

ही पद्धत इतकी गुंतागुंतीची आहे की चटकन समजावून सांगता येणार नाही. तथापि, वरच्या दर्जाचे मुद्रण कमी खर्चात करण्याची सोय त्यामुळे झाली, हे खरे.

टंकलेखन यंत्र हा मुद्रणाच्या प्रगतीतील आनुषंगिक शोध आहे. नीटस छपाई असलेल्या अर्धा डझन प्रती टंकलेखन यंत्रावर निघू शकतात. हे यंत्र सर्वांच्या एवढे परिचयाचे आहे की त्याचे वर्णन करण्याचीही आवश्यकता नाही. ख्रिस्तोफर शोल्स हा अमेरिकन संशोधक 1867 पासून 1873 पर्यंत टंकलेखन यंत्राच्या निर्मितीसाठी झटत होता. त्याने अनेक नमुन्याची यंत्रे तयार केली. तथापि, तो अखेर ज्या नमुन्यावर येऊन स्थिरावला त्यात आणि आज आपण पाहतो त्या यंत्रात फारसा फरक नाही.



‘डुप्लिकेटर’ नावाच्या यंत्राच्या साहाय्याने टंकलिखित मजकुराच्या शेकडो प्रती सहज काढता येतात. यासाठी ‘स्टेन्सिल’ नावाचा विशिष्ट प्रकारचा कागद वापरला जातो. त्यावर टंकलेखन केले की बारीक छिद्रे पडतात. कागदावर ‘स्टेन्सिल’ ठेऊन शाईचा रोलर फिरविला की नवी प्रत निर्माण होते.

मुद्रणकलेने खरोखरीच ज्ञानाची कवाडे उघडली आहेत. जगाच्या पाठीवर कोठेही नवा शोध लागला की तो लगेच वृत्तपत्रांतून किंवा पुस्तकांतून सर्वांच्या परिचयाचा होतो. ज्ञानाचा प्रसार ही फार सुकर बाब झालेली आहे. मोठमोठे विचारवंत शास्त्रज्ञ हे आता अंधारात चाचपडणारे, जगाच्या कोपऱ्यात एकाकी पडून राहणारे पुरुष नाहीत, मुद्रणकलेने त्यांना निकट आणलेले आहे. आता ते आपल्या व इतरांना सांगू शकतात व त्यांचे ज्ञान ग्रहण करू शकतात. शोधामागून लागतात आणि माणसाची प्रगती होत जाते.

